In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful













5.1 Anatomie et définitions

5.1.1 Description anatomique

L'œil est l'organe de vision, considéré comme un système optique complexe.

On distingue trois types de membranes oculaires:

- La **sclérotique** est une membrane externe protectrice qui forme le blanc de l'œil.

Elle se fond avec la **cornée** à lavant de l'œil.

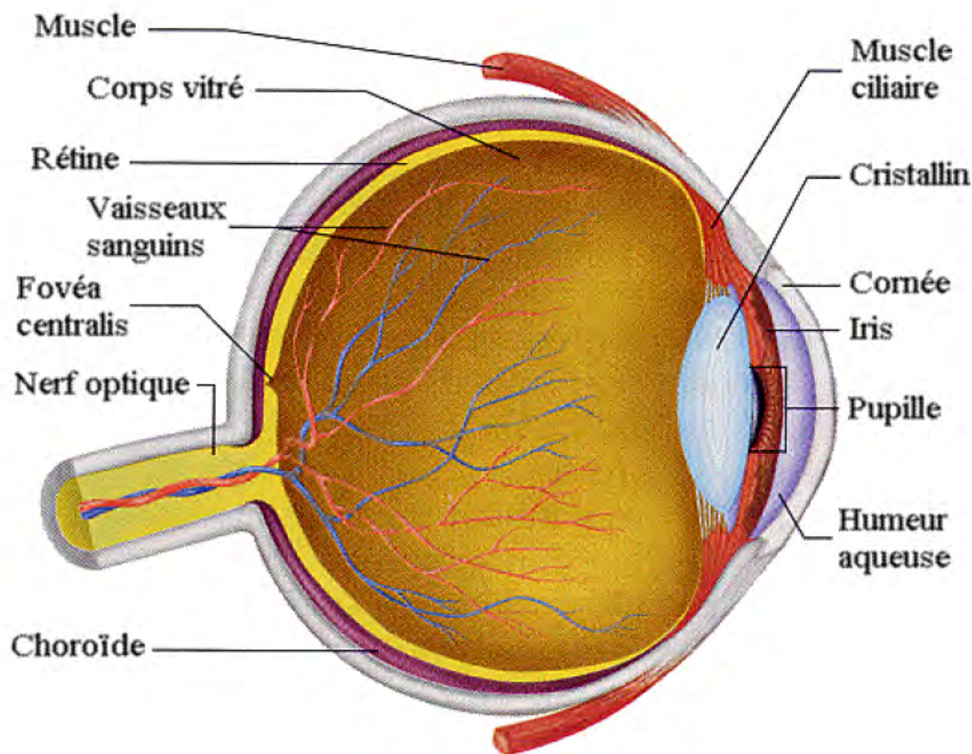
- La **choroïde** membrane qui contient les **pigments** et les **vaisseaux** est située sous la **sclérotique**, elle se termine par **l'iris** qui détermine la couleur de l'œil.
- La **rétine** membrane plus interne est constituée de **cellules sensibles** à la lumière, ces cellules transmettent la lumière au **nerf optique** sous forme de signal nerveux.

Le point d'entrée du nerf optique appelé **papille** est insensible à la lumière.

De l'extérieur vers l'intérieur, la lumière traverse :

- **La cornée transparente**: c'est une membrane résistante et dure d'épaisseur 1 mm et d'indice de réfraction de 1,35.
- **L'humeur aqueuse:** c'est un liquide clair d'indice de réfraction 1,33 traversé par la lumière sur une épaisseur de 4 mm.
- **Le cristallin**: joue le rôle d'une lentille convergente, son rayon de courbure est variable grâce à son élasticité. Son épaisseur moyenne est de 4 mm et son indice de réfraction est de 1,45.
- **L'humeur vitrée :** est une substance gélatineuse, d'indice de réfraction 1,33 traversé par la lumière sur une épaisseur de 15 mm.
- **La rétine:** membrane transparente très mince (0,5 mm), elle forme sur le fond du globe oculaire un véritable écran, qui reçoit les images des objets examinés
- **L'iris:** de couleur divers selon les sujets, il constitue une cloison circulaire au centre duquel se trouve une petite ouverture appelé la **pupille**.
- **La pupille**: est un véritable régulateur de l'intensité lumineuse qui pénètre dans l'œil. L'ouverture de la pupille **augmente** si l'intensité lumineuse **diminue**.
- En fin sur l'axe commun à l'ensemble des dioptres sphériques se trouve le centre **C** du globe oculaire

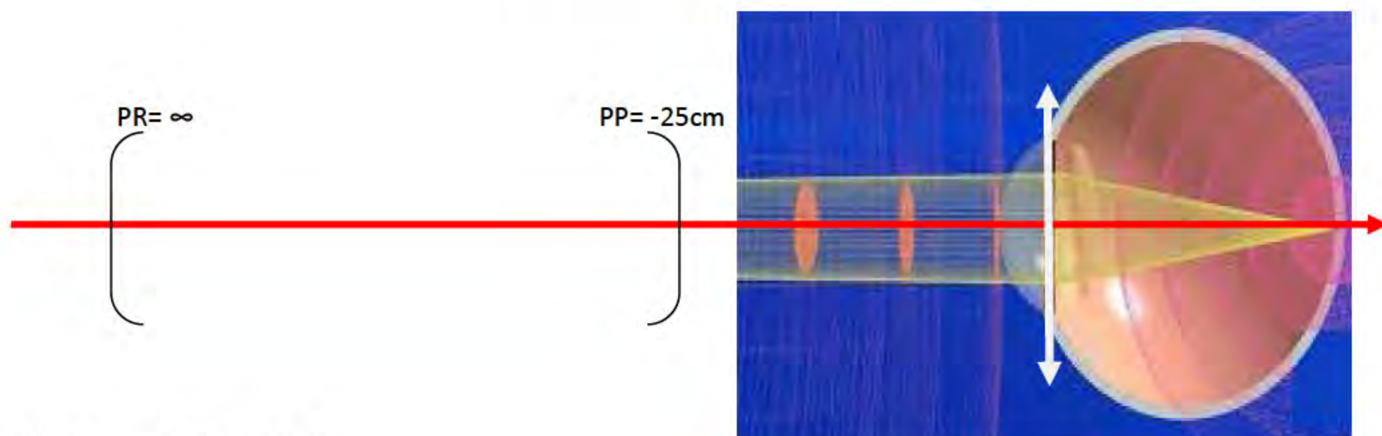
L'ensemble de tous ces dioptres sphériques se comportent comme une lentille **convergente particulière**.



5.1.2 Schématisation de l'œil réduit

L'ensemble des dioptres sphériques que forment l'œil définissent l'**œil réduit**, il est schématisé par:

- **Un axe principal**: il représente le sens de propagation de la lumière, il est dit axe optique ou visuel.
- **Une lentille convergente**, de distance focale variable, de centre optique **(O)**.
- **La tache jaune (TJ)**, position de toutes les images de tous les objets observés.
- **Le champ de vision**, est l'ensemble de tous les objets vus nettement par l'observateur.



5.2 Caractéristiques de l'œil réduit

5.2.1 Champ de vision de l'œil réduit.

Le champ de vision est l'ensemble de tous les objets que peut voir nettement l'observateur. Il est délimité par deux positions extrêmes. Le **Punctum Proximum**, et le **Punctum Remotum.**

5.2.1.1 Le Punctum Proximum.

La position du point objet le **plus proche** que peut voir le sujet nettement est appelé **Punctum Proximum.** La vision de ces objets proches se fait avec **fatigue** de l'œil. Ce point objet noté (**PP**) **varie** d'un sujet à un autre, et il varie aussi en fonction de **l'âge** de l'observateur

5.2.1.2 Le Punctum Remotum.

Le point objet le **plus éloigné** que peut voir le sujet nettement est appelé **Punctum Remotum.** La vision de ces objets éloignés se fait **sans fatigue** de l'œil. Ce point objet noté (**PR**) **varie** d'un sujet à un autre.

5.2.2 Puissance de l'œil réduit

On définit la puissance, notée **(P),** de l'œil par: $P = \frac{1}{\overline{OPR}}$

Elle caractérise **l'amétropie** ou le **défaut** de l'œil du sujet

5.2.3 Accommodation

5.2.3.1 Vision au PR. $\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$

L'image rétinienne est réelle, renversée, plus petite que l'objet, située sur la rétine (tache jaune), c'est le cerveau qui la rétablie.

La relation de conjugaison des lentilles étant applicable, on déduit que:

$\overline{OA} = \overline{OPR}$ est la position de l'objet, la vision se fait sans fatigue de l'œil.

$\overline{OA'} = \overline{OT}$ est la position de l'image, elle est placée sur la tache jaune.

$\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OT}} - \frac{1}{\overline{OPR}} = C_{min}$ C_{min} est la vergence minimale de l'œil

5.2.3.2 Vision au PP.

L'image formée étant toujours réelle, renversée, de taille plus petite que l'objet est située sur la rétine (tache jaune).

$\overline{OA} = \overline{OPP}$ est la position de l'objet, la vision se fait avec fatigue de l'œil.

$\overline{OA'} = \overline{OT}$ est la position de l'image, elle est placée sur la tache jaune.

$\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OT}} - \frac{1}{\overline{OPP}} = C_{max}$ C_{max} est la vergence maximale de l'œil

5.2.3.3 Amplitude d'accommodation

Elle est notée (A) et définie par: $A = C_{max} - C_{min} = \frac{1}{\overline{OPR}} - \frac{1}{\overline{OPP}}$

5.2.3.4 Définition.

Pour observer des objets à des distances différentes, il est nécessaire que le cristallin modifie sa distance focale. On dit que l'œil **accommode.**

$$\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} \Rightarrow \frac{1}{\overline{OT}} = \frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}} = cst$$

OA : la position de l'objet, elle varie dans le champ de vision entre le **PP** et le **PR**

OA' : est la position de l'image, toujours fixe sur la tache jaune **OT**.

On déduit que la distance OF' est une variable.

Le pouvoir que possède l'œil de faire **varier** sa distance focale, afin de **garder** une image **fixe** sur la tache jaune définit **l'accommodation.**

Pour cela l'œil va utiliser les ***muscles ciliaires*** afin de ***modifier les courbures du cristallin.***

$$\frac{1}{\overline{OF'}}=\left(\frac{n_{lent}}{n_{ext}}-1\right)\times\left(\frac{1}{R_{inc}}-\frac{1}{R_{eme}}\right).$$

Les rayons de courbures du **cristallin** sont **variables**

5.3 Amétropies, Défauts de l'œil

Définitions : on appelle **œil emmétrope** ou **normal** un œil ne possédant pas de **défaut visuel**. A l'inverse, en cas de présence d'un défaut visuel, on parle d'œil **amétrope**. les défauts de l'œil, sont définis par rapport à l'œil **emmétrope** considéré comme **référence**.

5.3.1 Œil emmétrope.

5.3.1.1 Définition

La forme **géométrique** de l'œil **normal** est approximativement **sphérique.**

5.3.1.2 Caractéristiques de l'œil emmétrope.

Au repos, les rayons lumineux issus d'un objet rejeté à l'infini, **convergent** sur la tache jaune, l'image est **ponctuelle.**

La vision **éloignée** d'un œil emmétrope est caractérisée par un **PR** =-∞.

Sa vision **rapprochée** est caractérisée par un **PP = - 25 cm.**

5.3.2 Œil myope, myopie. 5.3.2.1 Définition

Si la forme géométrique de l'œil n'est pas sphérique, on définit un œil **Amétrope**. Dans le cas ou L'œil est trop long dans le sens antéro-postérieur (forme ovale), l'œil est dit **myope.**

Au repos, les rayons lumineux issus d'un objet rejeté à l'infini, **convergent avant la tache jaune** de l'œil myope.

Ils forment une image qui **n'est pas ponctuelle sur la tache jaune.**

L'œil myope **est plus convergent** que l'œil normal.

Les **objets éloignés** ne se pas **vus nettement** par le myope, vision flou de loin.

Cette myopie souvent révélée vers l'âge de 10 ans (myopie dite « scolaire ») se **stabilise** ou **évolue peu à l'âge adulte.** Elle ne dépasse en général pas – 6,00 dioptries.

On distingue deux types de myopies.

a) **<u>la myopie d'indice</u>.**

La diminution du rayon de courbure de la **cornée** (et/ou) la **modification de réfringence** (augmentation/diminution de l'indice de réfraction) d'un des milieux transparent (cristallin) peut générer une myopisation.

Elle peut porter :

- **sur la cornée** : kératocône
- **sur le cristallin** : cataracte nucléaire.

b) la myopie maladie ou myopie forte.

Myopie forte **évolutive** au-delà de – 6,00 dioptries.

Elle débute **précocement**, parfois de façon **familiale** ; elle associe des **altérations oculaires** portant surtout sur la **rétine et la choroïde** (« **étirement » des tissus, atrophie**) et peut se compliquer notamment de **décollement de la rétine**, **d'hémorragies maculaires** et de **glaucome**.

Elle évolue malheureusement toute la vie. Elle peut atteindre **– 30,00** dioptries ou davantage.

5.3.2.2 Caractéristiques de l'œil myope.

La vision **éloignée** d'un œil myope est caractérisée par un **PR réel** situé à une **distance finie**, la position du **PR** dépend de la **sévérité** de la myopie, elle **varie** d'un sujet à un autre .

Sa vision **rapprochée** est caractérisée par un **PP < -25 cm**.

5.3.3 Œil Hypérope, Hyperéropie (Hypermétropie).

5.3.3.1 Définition

C'est une **anomalie de la réfraction** qui est très répandue, notamment chez l'enfant.

Chez **l'hypermétrope**, l'œil **n'est pas assez convergent** et l'image d'un objet situé à l'infini se forme en arrière du plan rétinien et **est donc vue floue.**

Par conséquent, les **objets éloignés** ne se pas **vus nettement** par l'œil hypérope au repos.

Cette vision peut cependant être **compensé** par **l'accommodation** qui va **ramener l'image** sur le **plan rétinien,** il doit accommoder pour les voir.

Cela entraîne chez l'hypermétrope la **mise en jeu permanente** de **l'accommodation**, en vision **de loin** aussi bien qu'en **vision de près**.

On distingue trois types **d'hypermétropie.**

a) **L'hypermétropie axile.**

Elle est de très loin, **la plus fréquente**. Dans ce cas, l'anomalie porte sur la **longueur antéro-postérieur** de l'œil qui est **trop courte** pour son **pouvoir de convergence**.

A la **naissance**, il existe habituellement **une hypermétropie de ce type de 2 ou 3 dioptries** qui **diminue progressivement** jusqu'à disparaitre à l'adolescence avec le développement de l'œil.

Mais l'hypermétropie peut être plus importante et **persister à l'âge adulte.**

b) **L' hypermétropie de courbure.**

Dans ce cas, le défaut optique est une **insuffisance de la courbure** cornéenne. Ce type **d'hypermétropie** est très rare, on peut avoir :

- **Une anomalie cornéenne** appelée **cornea plana**
- **Une cicatrice d'un traumatisme.**

c) **L'hypermétropie d'indice.**

Elle est due à **une diminution de la réfraction** du cristallin, et peut apparaître de façon **très progressive** chez le sujet **âgé**; elle est beaucoup **plus rare** que la myopie d'indice.

5.3.3.2 Caractéristiques de l'œil hypermétrope

La vision **éloignée** d'un œil Hypérope est **caractérisée** par une vision **avec accommodation** son œil n'est jamais **au repos**, c.à.d. un **PR virtuel** situé à une **distance finie. Son PR** dépend de la **sévérité** de l'hypéropie et il **varie** d'un sujet à un autre .

Sa vision **rapprochée** est caractérisée par un **PP > - 25 cm**.

Comment on détermine **géométriquement** le PR d'un **hypérope**, connaissant la position **de l'image et celle du F.P.I**

5.3.4 Œil Presbyte, Presbytie.

5.3.4.1 Définition

La presbytie est un trouble de la vision qui rend difficile la vision de près, (lecture, ou effectuer un travail de près). Ce n'est pas une **maladie** mais un processus de **vieillissement normal** de l'œil et plus particulièrement du **cristallin**.

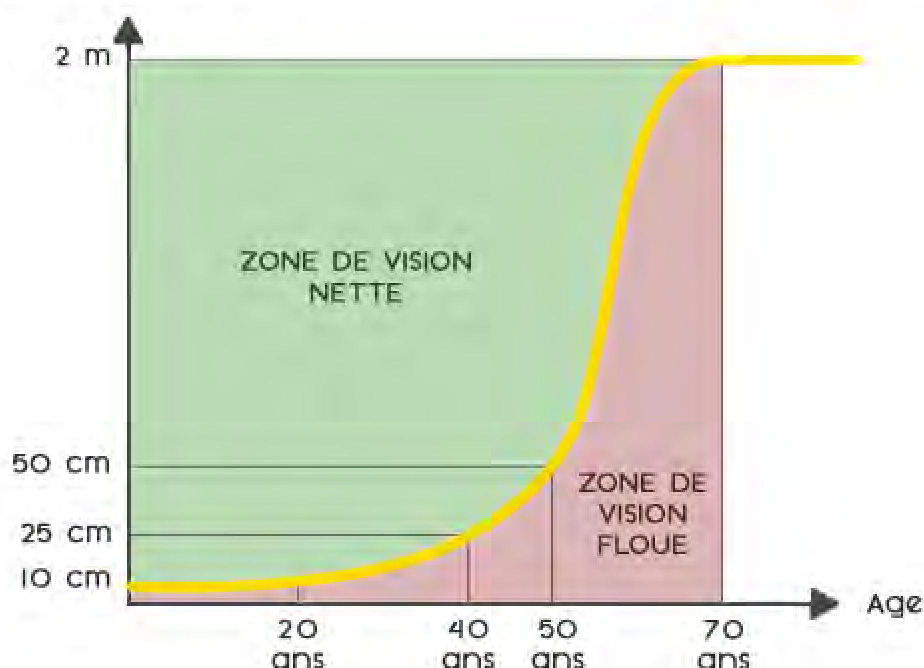
La presbytie se manifeste par une **diminution du pouvoir d'accommodation** de l'œil avec l'âge.

Elle **débute vers 45 ans** pour devenir **maximale à 60 ans**. Elle concerne ***tous les individus***.

Les structures en cause sont :

- **Le cristallin** dont le noyau se modifie et dont la capsule perd son élasticité.
- **Le muscle ciliaire** qui n'est plus capable d'assurer le relâchement de la zonule.

Le PP varie en fonction de l'âge du sujet, la courbe suivant explicite l'évolution du PP en fonction de l'âge.



5.3.5 Œil Astigmate, Astigmatie.

5.3.5.1 Définition

Dans cette anomalie de la réfraction oculaire, la **cornée n'a plus** la forme d'une **calotte de sphère** de **courbure régulière**.

Son **rayon de courbure varie** de façon progressive entre **deux valeurs** qui correspondent à **deux plans d'incidence**, dit **plans principaux** qui définissent l'**astigmatisme**.

Ces plans principaux sont habituellement perpendiculaires l'un à l'autre.

L'œil **astigmate** donnera **d'un point objet deux images**

5.3.4.2 caractéristiques de l'œil presbyte.

Le **PP** de l'œil presbyte **varie**, il **devient plus éloigné.**

Le **PR** de l'œil presbyte **ne varie pas**.

5.3.5.2 différents types d'astigmatisme.

Il existe ainsi cinq types d'astigmatisme selon la position de ces deux foyers images par rapport à la rétine :

- Si **F'_1** est située **avant la rétine** et **F'_2 sur la rétine**, on est dans un cas **d'astigmatisme myopique simple**.
- Si **F'_1 et F'_2** sont située **avant la** rétine, on est dans un cas **d'astigmatisme myopique composé.**
- Si **F'_1** est **située sur la rétine** et **F'_2** derrière la rétine, on est dans un cas **d'astigmatisme hypéropique simple.**
- Si **F'_1 et F'_2** sont situées **derrière la rétine**, on est dans un cas **d'astigmatisme hypéropique composé**.
- Si **F'_1** est **en avant** de la rétine et **F'_2 en arrière** de la rétine, on parle **d'astigmatisme composé myopique hypéropique (mixte).**

Pour connaître **la valeur** et **l'axe de l'astigmatisme** on peut utiliser **l'*ophtalmomètre*** *de* ***JAVAL*** et la ***skiascopie***, mais l'utilisation d'un **réfractomètre automatique** qui avec les appareils actuels donne des résultats **plus fiables**.

Pouvoir séparateur de l'œil

$$\theta_{\min} \approx \frac{d}{L} = \frac{1{,}22\,\lambda}{a}$$

a: Le diamètre de la pupille

l: La longueur d'onde de la lumière

5.4 Correction des Amétropies de l'œil.

5.4.1 Principe de Correction.

Le **principe de correction** consiste a **utiliser** des **lentilles minces** pour **corriger** la vision de l'œil amétrope

$$AB + L_1 \rightarrow A'B' + L_2 \rightarrow A''B''$$

AB: est l'objet, il **n'est pas vus** par l'observateur amétrope **sans ses lentilles** correctrices **(L_1).**

A'B' : est **l'image de objet** donnée par la **lentille (L_1)**, elle sera considérée comme **objet pour l'œil,** elle doit se trouver dans le **CV de l'observateur**.

A''B'' : est **l'image finale de l'objet** intermédiaire donné par l'œil **(L_2)**, elle doit se trouver sur la **tache jaune** de l'œil.

5.4.2 Principe de Correction de l'œil myope

5.4.2.1 Correction de la vision éloignée.

Le myope utilise des **lentilles minces** pour corriger sa **vision éloignée**

AB: est **l'objet** le plus éloigné que le myope veut voir, cet objet n'est pas vus par l'observateur myope sans ses lentilles, il est noté **PR_C et rejeté à l'infini.**

A'B' : est **l'image** de objet donnée par la lentille, elle sera considérée comme objet pour l'œil, elle doit se trouver dans **le CV du myope.**

Pour que la vision se fasse **sans accommodation**, l'image donnée par la lentille doit se trouver sur son **PR.**

A''B'' : **est l'image** finale donnée par l'œil, elle doit se trouver sur la **tache jaune de l'œil.**

$$AB + L_1 \rightarrow A'B' + L_2 \rightarrow A''B'' \quad \Rightarrow \frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}}$$

$\overline{O_1A} = \overline{O_1PR_C}$: est la position de l'objet le plus éloigné, la vision se fait sans fatigue de l'œil.

$\overline{O_1A'} = \overline{O_1PR}$: est la position de l'image intermédiaire, elle est placée sur le PR naturel du myope

$$\frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1PR}} - \frac{1}{\overline{O_1PR_C}} = C_{lentille}$$

$C_{lentille}$ est la vergence de la lentille correctrice.

$\overline{O_1F'} = \overline{O_1PR} \Rightarrow F' = PR$ **La lentille correctrice du myope est divergente**

5.4.2.2 Correction de la vision proche.

La correction de la vision éloignée entraine la correction de **la vision proche.** C.à.d. que le myope **utilise** ses lentilles pour **voir les objets éloignés et pour voir aussi les objets proches.**

Le même principe est utilisé pour déterminer **le PP_C** $AB + L_1 \rightarrow A'B' + L_2 \rightarrow A''B''$

$\overline{O_1A} = \overline{O_1PP_C}$: est la **position de l'objet le plus proche**, la vision se fait avec **accommodation maximale**.

$\overline{O_1A'} = \overline{O_1PP}$: est la position de **l'image intermédiaire**, elle est placée sur le **PP** naturel du myope

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} \qquad \frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1PP}} - \frac{1}{\overline{O_1PP_C}} = C_{lentille}$$

5.4.3 Principe de Correction de l'œil hypérope

5.4.3.1 Correction de la vision éloignée.

L'hypérope utilise des lentilles minces pour corriger sa vision éloignée.

AB: est l'objet le **plus éloigné** vus par l'observateur **sans ses lentilles** avec **accommodation**, **avec ses lentilles** il verra **l'objet sans accommodation**, il est noté PR_C et rejeté à l'infini.

A'B' : est **l'image** de objet **donnée par la lentille, considérée comme objet** pour l'œil, cette image doit se trouver sur le **PR naturel** de l'hypérope pour que la vision **se fasse sans accommodation**.

A''B'' : **est l'image finale** donné par l'œil, elle doit se trouver sur la **tache jaune** de l'œil.

$$AB + L_1 \rightarrow A'B' + L_2 \rightarrow A''B'' \qquad \Rightarrow \frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}}$$

$\overline{O_1A} = \overline{O_1PR_C}$: est la position de l'objet le plus éloigné, la vision se fait sans fatigue de l'œil.

$\overline{O_1A'} = \overline{O_1PR}$: est la position de l'image intermédiaire, elle est placée sur le PR naturel du myope

$$\frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1PR}} - \frac{1}{\overline{O_1PR_C}} = C_{lentille}$$

$C_{lentille}$ est la vergence de la lentille correctrice

$$\overline{O_1F'} = \overline{O_1PR} \Rightarrow F' = PR$$

La lentille correctrice de l'hypérope est convergente

5.4.3.2 Correction de la vision proche.

La correction de la vision éloignée entraine la correction de la **vision proche**. C.à.d. que l'hypermétrope **utilise** ses lentilles pour voir les objets éloignés ainsi que les objets proches.

Le même principe est utilisé pour déterminer le PP_C.

$$AB + L_1 \rightarrow A'B' + L_2 \rightarrow A''B''$$

$\overline{O_1A} = \overline{O_1PP_C}$: est la position de l'objet le plus proche, la vision se fait avec accommodation maximale.

$\overline{O_1A'} = \overline{O_1PP}$: est la position de l'image intermédiaire, elle est placée sur le PP naturel de l'hypermétrope.

$$\Rightarrow \frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} \qquad \frac{1}{\overline{O_1F'}} = \frac{1}{\overline{O_1PP}} - \frac{1}{\overline{O_1PP_C}} = C_{lentille}$$

5.4.4 Principe de Correction de l'œil presbyte.

La **correction** est assurée par des **lentilles convergentes**, **quelle que soit** l'amétropie du sujet.

Le but est de permettre au presbyte **de voir** nettement les **objets proches** à travers ses lentilles correctrices.

- **Chez l'hypermétrope**, la presbytie sera **ressentie** plus tôt, nécessité de rajouter des **verres convergents**.
- **le myope (plus convergent** que l'œil normal), **ressentira tardivement** les inconvénients de la presbytie.

Lorsque le sujet possède **deux amétropies**, la correction se fait avec des **verres bifocaux**.

Enfin, la **correction** de la presbytie doit donc toujours **tenir compte de la correction de loin** et vient en **addition** de celle-ci.

5.4.5. Principe de Correction de l'œil astigmate.

Le but est **de restituer** les **rayons de courbures** de la cornée. Ce types de verres sont appelés verre **torique** ou **sphèro-cylindrique**.

Ils sont **constitués** d'une **sphère** pour corriger la **vision éloignée**, et d'un **cylindre** pour corriger les **rayons de courbures de la cornée**.